

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ЕОМ

Методи та засоби керування безпілотним літальним апаратом

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:
Іваненко Ю.В.,
студ. гр. СПм-21-2



Керівник:
Філімончук Т.В.,
доц. каф. ЕОМ



Мета і задачі роботи

Мета: розробка інтелектуального методу керування пожежним дроном.

Задачі:

- Аналіз комерційних рішень та визначення їхніх недоліків;
- Розробка концепції інтелектуального методу керування;
- Проведення експериментальних досліджень розробленого методу.



Аналіз сфер застосування БПЛА



Рис. 1 – Моніторинг пожежної ситуації за допомогою БПЛА



Рис. 2 – Зовнішній вигляд мультикоптера з балоном із вуглекислотою



3

Переваги використання безпілотників у гасінні лісових пожеж

- порівняно дешевий моніторинг території;
- точне визначення координат вогнища;
- зниження ризику людських втрат серед пожежників;
- можливість оперативної ліквідації вогню.



4

Недоліки комерційних рішень

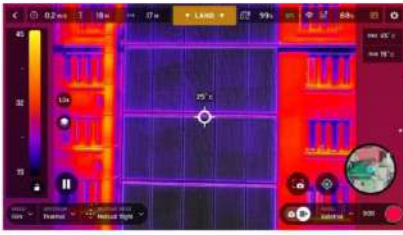


Рис. 3 – Точкове вимірювання температури

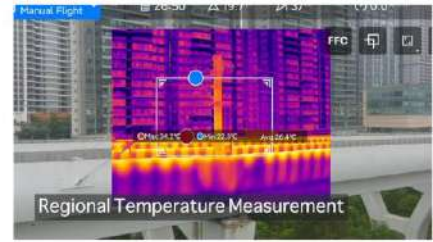


Рис. 4 – Вимірювання температури обраної області

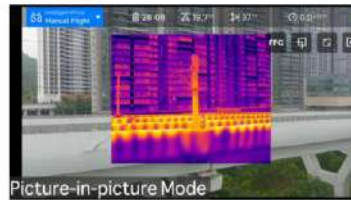


Рис. 5 – Режим відображення «Картинка в картинці»



5



6

Загальна концепція інтелектуального режиму для гасіння пожежі

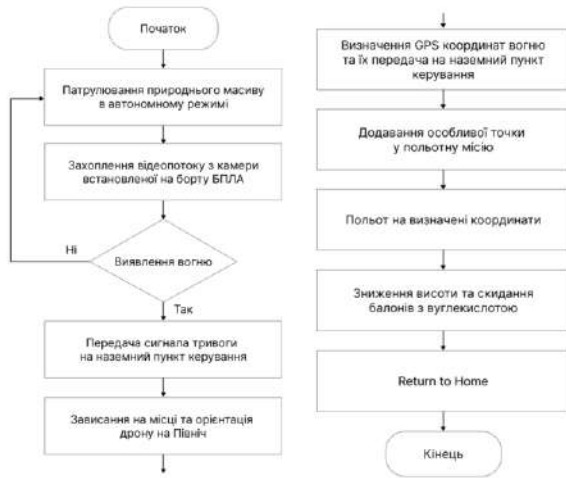


Рис. 6 – Блок-схема інтелектуального режиму



Рис. 7 – Схематичне зображення положення камери на мультикоптері



Метод виявлення вогню за фотографією місцевості



Рис. 8 – Зовнішній вигляд тепловізійної камери Autel Robotics EVO II 640T

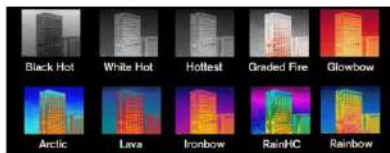


Рис. 9 – Палітри зображення з тепловізійної камери

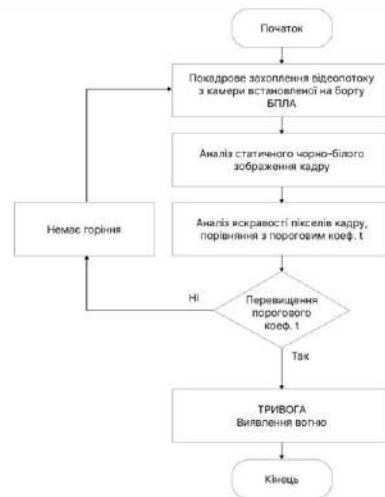


Рис. 10 – Блок-схема алгоритму виявлення вогню на зображенні

Розрахунок ціни пікселя у метрах

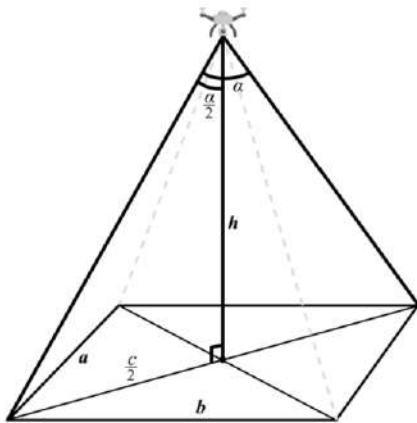


Рис. 11 – Геометричне співвідношення для обчислення ціни пікселю

Дано: 384×288

$$\alpha = 34^\circ$$

$$h = 75 \text{ м}$$

$$Px_1 = \frac{a}{288} \quad (1)$$

$$Px_2 = \frac{b}{384}$$

$$\frac{b}{a} = \frac{4}{3} \Rightarrow b = a \frac{4}{3} \quad (2)$$



9

Розрахунок ціни пікселя у метрах

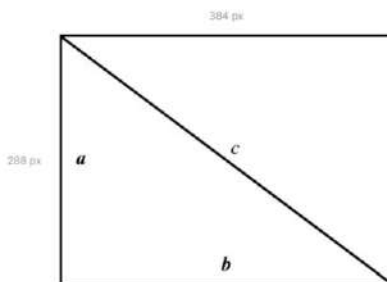


Рис. 12 – Прямокутник для обчислення ціни пікселю

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{a^2 + \left(\frac{4}{3}a\right)^2}; \quad (3)$$

$$a = \sqrt{\frac{9c^2}{25}} \quad (4)$$

$$c = 2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot h = 2 \operatorname{ctg}(17^\circ) \cdot 75 \text{ м} = 2 \cdot 3,2709 \cdot 75 \text{ м} = 490,635 \text{ м} \quad (5)$$

Тоді:

$$a = \sqrt{\frac{9c^2}{25}} = \sqrt{\frac{9 \cdot (490,635 \text{ м})^2}{25}} = \sqrt{\frac{2166504,329 \text{ м}^2}{25}} = 294,381 \text{ м}; \quad (6)$$

$$b = a \frac{4}{3} \Rightarrow b = 294,381 \text{ м} \cdot \frac{4}{3} = 392,508 \text{ м} \quad (7)$$

Тепер розраховуємо ціну пікселя у метрах:

$$Px = \frac{a}{288} = \frac{294,381}{288} \approx 1 \text{ м} \quad (8)$$



10

Критерій Джонсона

Для тепловізійних камер застосовуються такі рівні для критерію Джонсона:

- Не менше 1,5 пікселя для виявлення – спостерігач може виявити наявність об'єкта.
- Не менше 6 пікселів для розпізнавання – спостерігач може визначити вид об'єкта.
- Не менше 12 пікселів для ідентифікації – спостерігач може визначити об'єкт і його характеристики.



Рис. 13 – Приклад зображення об'єкта на різній кількості пікселів



Ціна пікселя на зображенні з камери в GPS координатах

$$Px_{GPS} = Px_M \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} M / ^\circ \quad (9)$$

Точність ціни ділення пікселя в GPS координатах залежить від точності вимірювання GPS.

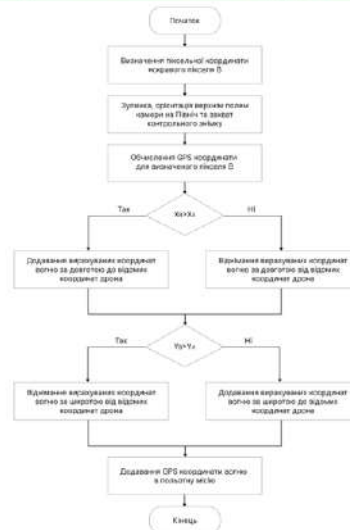
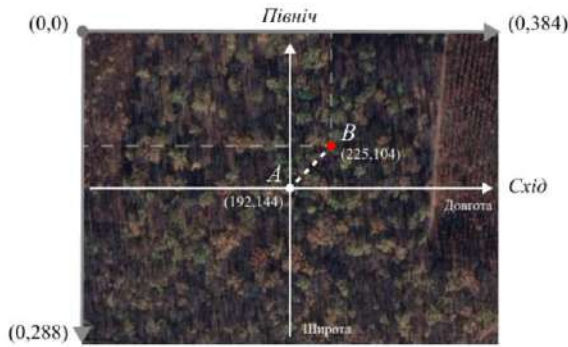


Рис. 14 – Блок-схема алгоритму виявлення GPS координат вогню



Розрахунок GPS координат вогню



Вхідні дані:

- піксельні координати дрона;
- GPS координати дрона;
- визначені піксельні координати вогню.

$$A(x, y) \Rightarrow A(\overset{I}{192}, \overset{II}{144}) \Rightarrow A(49.9935, 36.2304) \quad (10)$$

Рис. 15 – Схематичне зображення відносної координатної системи дрона



Розрахунок GPS координат вогню

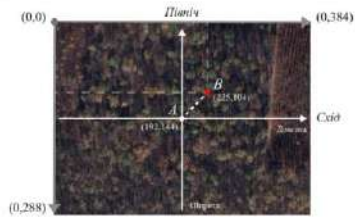


Рис. 15 – Схематичне зображення відносної координатної системи дрона

$$\begin{aligned} A(\overset{I}{192}, \overset{II}{144}) \\ B(225, 104) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} x_B > x_A &\Rightarrow GPS_{II} + Px_{GPS} \\ x_B < x_A &\Rightarrow GPS_{II} - Px_{GPS} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} y_B > y_A &\Rightarrow GPS_{III} - Px_{GPS} \\ y_B < y_A &\Rightarrow GPS_{III} + Px_{GPS} \end{aligned} \quad (13)$$

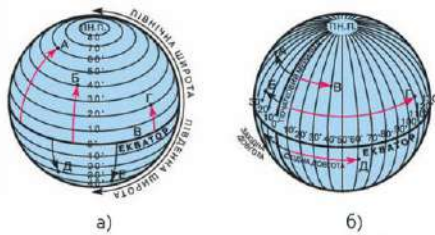


Рис. 16 – Визначення географічної а) широти, б) довготи



Результати роботи методу



Рис. 17 – Вхідне зображення
image.jpg розміром 384x288 пікселів

```
Знайдено 3 яскравих пікселів:
(250, 81)
(250, 82)
(251, 82)
```

Рис. 19 – Масив знайдених пікселів

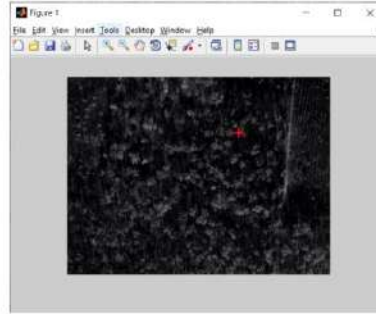


Рис. 18 – Вихідне зображення

Лістинг 1 – Програмна реалізація пошуку вогня на зображенні у середовищі MatLab

```
% Завантажуємо зображення
img = imread('image.jpg');

% Визначаємо поріг яскравості
threshold = 180;

% Отримуємо пікселі, яскравість яких перевищує встановленого поріг
bright_pixels = find(img > threshold);

% Отримуємо координати відповідних пікселів
[y, x] = ind2sub(size(img), bright_pixels);

% Виводимо координати яскравих пікселів
fprintf('Знайдено %d яскравих пікселів:\n',
numel(bright_pixels));
for i = 1:numel(bright_pixels)
    fprintf('%d, %d\n', x(i), y(i));
end

% Показуємо зображення з виділеними яскравими пікселями
imshow(img);
hold on;
plot(x, y, 'r+', 'MarkerSize', 10);
```



15

Результати роботи методу

Лістинг 2 – Фрагмент програмної реалізації визначення GPS координати вогня у середовищі MatLab

```
% Обчислення RxGPS
rx_gps_lat = pixm * gps_scale;
rx_gps_lon = pixm * gps_scale;

% Обчислення GPS координати для пікселя (250, 81)
if pixel_Bx > pixel_Ax
    delta_lonx = rx_gps_lon*(pixel_Bx-pixel_Ax); %визначаємо дельту
lon = lon_known + delta_lonx;
elseif pixel_Bx < pixel_Ax
    delta_lonx = rx_gps_lon*(pixel_Ax-pixel_Bx);
    lon = lon_known - delta_lonx;
end

if pixel_By > pixel_Ay
    delta_laty = rx_gps_lat*(pixel_By-pixel_Ay);
lat = lat_known - delta_laty;
elseif pixel_By < pixel_Ay
    delta_laty = rx_gps_lat*(pixel_Ay-pixel_By);
    lat = lat_known + delta_laty;
end

% Виведення результату
disp(['GPS координати пікселя (250, 81): ', num2str(lat), ', ',
num2str(lon)]);
```

```
GPS координати пікселя (250, 81): 49.9944, 36.2313
>> |
```

Рис. 20 – Визначені GPS координати пожежі



16

Висновки

- 1) Проведений аналіз показав, що більшість доступних комерційних дронів не володіють автоматичними режимами щодо виявлення відкритого вогню.
- 2) Розроблений автоматичний метод виявлення вогню та визначення його GPS координат із використанням БПЛА.
- 3) Мінімальні габарити пожежі визначаються:
 - роздільною здатністю камери;
 - її кутом огляду;
 - висотою польоту БПЛА.
- 4) Для камери Autel Robotics EVO II 640T і висоти польоту 75 м, мінімальний габарит пожежі за критерієм Джонсона склав 1,5 м.
- 5) Проведене імітаційне моделювання розробленого алгоритму в MatLab.
- 6) Результати кваліфікаційної роботи були опробовані на десятій міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатизації».